



Influence of Farmers' Cropping Systems on Striga Management Options and its Resistance in Rice

Evans Atuti Atera

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

2014-03-06

(Date of Publication)

2016-03-06

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙第3243号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2003243>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



論文内容の要旨

ABSTRACT

氏名

Evans A. Atera (エバンス A. アテラ)

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

Influence of Farmers' Cropping Systems on Striga Management Options and its Resistance in Rice

(根寄生雑草 Striga 管理選択における農家の作付体系の影響と稲における Striga 抵抗性)

Striga, commonly known as witchweed, is a noxious, hemi-parasitic weed infecting several crops in semi-arid, sub-Saharan Africa and, is responsible for food shortage and poverty of millions of Africans. The parasite infest in land planted with sorghum [*Sorghum bicolor* (L.)], pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.)], finger millet [*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.], maize [*Zea mays* L.], upland rice [both *Oryza glaberrima* (Steud.) and *O. sativa* L.] and cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. on which Africans depend for food, affecting about 300 million people. The most severe problems with *Striga* occur where soils are degraded, fields are continuously cropped with host crops, and organic and inorganic nutrient inputs are low. Severe *Striga* infection can cause 70-80% crop loss in cereals and losses can be much higher under heavy infestations, even resulting in total crop failure. These losses largely depend on *Striga* density, host species and genotype, land use system, soil nutritional status and rainfall patterns. The most affected are the poor subsistence farmers, who are not aware of the threat that *Striga* poses to their land quality and food security as the weed continues to increase its soil seed bank and spreading to new areas.

The objectives of this study was to elucidate the factors that are limiting farmers to adopt *Striga* control mechanisms, assess tolerance level of New Rice for Africa (NERICA) cultivars to *Striga* infections and map out quantitative trait loci (QTLs) for *Striga* resistance in rice. The study focused on two devastating *Striga* strains to cereals, *Striga hermonthica* (Del.) Benth. and *Striga asiatica* (L.) Kuntze in Kenya and Malawi, respectively.

Recent trends away from traditional prolonged fallow, continuous cereal mono-cropping to meet the needs of increasing population has intensified the *Striga* problem. In addition to many factors already known, grazing animals, crop seeds and wind contribute to distribution of *Striga* to new areas. Participatory rural appraisals and individual interviews were conducted in a sample of 248 and 247 households in Kenya and Malawi, respectively, to determine the farmer's perceptions on *Striga* control options and their potential for adoption. The study revealed that crop production was the main occupation in most households. Farmers identified *Striga* as their major pest problem in maize, sorghum and millet. The survey revealed that about 71.4% and 67% of the farmers had *Striga* in their field in Kenya and Malawi, respectively.

(Atera No.2)

Several *Striga* control options have been developed over the years, but farmers have not adopted them. According to the farmers the most popular control measures were hand-pulling, crop rotation and intercropping in Kenya, even though rotational systems might need a longer timeframe to reduce the soil seed bank of *Striga*. However, in Malawi, the farmers perceived manure application to be the best method to control *Striga*, followed by crop rotation, fertilizer application and hand pulling. Overall, crop rotation was the highly rated control option to manage *Striga* in the two countries. The reason for the low adoption level of the control methods by the farmers is because they are “too risky” as there is no guarantee of a direct pay-off in increased crop yield. In addition, farmers doubt them for they hear rumours that the methods do not work and thus they are unwilling to test them. It is apparent that technologies that fit the farming communities can easily be acceptable to farmers, unlike those that will demand a significant modification of their farming practices. Moreover, some technologies such as crop rotation and intercropping need to be repackaged to ensure they fit local knowledge and economic circumstances of the farmers in order to enhance their adoption.

Following the adaptability studies conducted in Kenya for the 18 upland NERICA cultivars from Africa Rice Center (ARC), four NERICAs (NERICA 1, NERICA 4, NERICA 10 and NERICA 11) were released to farmers' even to areas known to be prone to *S. hermonthica*. The four NERICA cultivars and a local landrace Dourado precoce were planted at Lake Basin Development Authority, Alupe farm, where *Striga* is limiting to crop production. The plants were infected with *S. hermonthica* obtained from Kenya Agricultural Research Institute Alupe, Kenya parasiting on rice. Our results on response of NERICA cultivars to *Striga* infections showed different levels of tolerance despite the fact that their progenies are from the same parents WAB 56-104 and CG14. The earlier maturing NERICA 1 and NERICA 10 cultivars were resistant to *S. hermonthica*. The study revealed that NERICA 10 was the most economical when infected with *Striga*. Among the NERICAs tested, our result showed that NERICA 4 was more susceptible. Generally, comparing the NERICAs with the local cultivar Dourado precoce, they were more tolerant to *S. hermonthica* infections.

(Atera No. 3)

In order to understand the genetic basis of resistance in rice cultivars, a QTL analysis was undertaken utilizing a mapping population of Nipponbare and *O. rufipogon*. We infected 159 (BC₂F₁₀ generation) backcross recombinant inbred lines (BRILs) derived from a cross between *Oryza sativa* Nipponbare, Japonica cultivar and a wild accession *O. rufipogon* W630 from Myanmar with *S. hermonthica* from Alupe, Kenya. Putative QTL for *S. hermonthica* resistance was carried out by QGene program at $p < 0.001$ significance level. The QTL for *S. hermonthica* resistance was detected on chromosome 9 (RM242) contributed by *O. rufipogon* W630 allele as explained by 6.6% of the phenotypic variation in the mapping population. It is important that *S. hermonthica* resistance QTLs are validated under different environments since there is likelihood of genetic variations within its ecotypes as this species is an obligate out breeder.

As regards to future *Striga* research outlook, studies on QTL for *Striga* resistance in rice are desirable to develop molecular markers linked to resistance QTL for use in marker-assisted selection (MAS) programs. More importantly, a study on the genome of the parasite is inevitable even though sequencing non-model plant is still a challenging task. This kind of study will facilitate identification of genes that are responsible for parasitism. Currently, it is unknown which genes are possessed by *Striga* that are responsible to enable it to successfully infect its host. In addition, due to lack of detailed historical information about different *Striga* populations and their hosts which have expanded over time, knowledge on the impact based on its interactions on the environment and studies on the *Striga* virulence on its host in field trials with laboratory analysis support will definitely be one of the ways to understand the parasite. The study of genetic variability will go a long way in assisting in identification and targeting the areas of breeding for resistance.

氏名	Evans Atuti Atera		
論文 題目	Influence of Farmers' Cropping Systems on Striga Management Options and its Resistance in Rice (根寄生雑草 Striga 管理選択における農家の作付体系の影響と稲における Striga 抵抗性)		
審査 委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教授	伊藤 一幸
	副 査	教授	石井 尊生
	副 査	准教授	東 哲司
	副 査		

要 旨

英名で「魔女の雑草」と言われる Striga はサブサハランアフリカ(SSA)の穀物栽培における最重要害草である。痩せた農耕地におけるソルガム、トウジンビエ、シコクビエ、トウモロコシ、陸稲やササゲなどの根に寄生し、養水分を吸い、穀類を枯らしてしまう恐ろしい寄生植物の一群である。一度、この雑草に畑が汚染されてしまうと 70~80%の穀物の収量が減少するといわれている。そのなかでも本論文では、西アフリカや東アフリカに多い最も穀物に被害の大きな *S. hermonthica* をケニア東部で、南部アフリカに多い小型の *S. asiatica* をマラウイ中部で研究を展開し、防除対策について論述している。

第1章は緒論として、SSAにおける農業の概説と Striga 類の生活環について述べている。SSAでは人口増加に伴い、トウモロコシやソルガムなどの穀物の増産は必至であり、早稲年には不足気味であること、農民の現金収入の多くの部分を穀類生産で占めていることが明らかとなっている。Striga の生活環は穀物のそれに同調し、穀物の根が近くに伸びてくると発芽し、吸器を着けて養分をもらい、穀物が収穫期を迎える前に開花結実したと述べている。それぞれの種の分布範囲がオーバーラップしながらアフリカ全体にわたっていること、宿主は穀物だけでなく、ササゲのようなマメ科作物や一年生や多年生のイネ科雑草など宿主範囲が幅広いことを述べている。また、ケニア東部での圃場試験により、アフリカの新しい陸稲(NERICA)品種群が品種の違いによって *S. hermonthica* の寄生の抵抗性程度に差異がある可能性を概説している (Atera et al. 2011. *African Journal of Agricultural Research*, 6: 60-66)。

第2章では Striga 類の圃場における生活環を概括し、種子は小さいが一株で数十万粒も着生すること、土中種子の寿命が長いこと等を明らかにしている。また、Striga の猛威についてケニアとマラウイの畑で数年間にわたって実態調査をし、地上に出現した時点ですでに穀物の養分を吸って穀物が弱っており、*S. hermonthica* と *S. asiatica* の被害が最も大きいことを解明している。マラウイの *S. asiatica* で汚染された農家圃場での試験によると、トウモロコシ単作と比べ、有機混合栽培であるパーマカルチャーやマメ科作物との混作により、トウモロコシの収量が改善している。とくにトウモロコシにササゲか落花生を混作することにより *S. asiatica* の寄生を強く抑制している (Atera et al. 2013. *Tropical Agriculture and Development Journal*, 57: 114-119)。

また、陸稲には *S. hermonthica* や *S. asiatica* に抵抗性を示す品種や系統があることを文献調査で、明らかにしている。中でも、水稲品種「日本晴」が *S. hermonthica* に対して強い抵抗性を示すことが分かり、これを活用した Striga 抵抗性新品種育種の可能性を考察している (Atera et al. 2011. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 2: 752-760)。

第3章ではケニアに分布するすべての Striga 類について調査している。9種類の Striga 属植物が見られ、サトウキビに寄生する種類が多かったとしている。*S. hermonthica* をケニア東部の汚染圃場で詳細に調査し、政府の穀物統計を駆使して被害実態を解明し、農民は被害が出ることが分かっているのになぜ防除ができないのか、その原因を考察し、この解析のためには農民の Striga に対する意識の把握が必要不可欠であること論考している。また、*S. hermonthica* の種内変異について、圃場の場所や寄主別に採集し、核ゲノム由来のマイクロサテライトマーカーを用いて分析を開始し、遺伝的変異が大きい種であるとしている (Atera et al. 2013. *Sustainable Agriculture Research*, 2: 99-108)。

氏名	Evans Atuti Atera
<p>ここで、第4章ではケニア東部のビクトリア湖畔地帯の <i>S. hermonthica</i> に汚染されている Homabay 地区 Kaura 村で 128 世帯、Rachuonyo 地区 Kogweno-Oriang 村で 120 世帯を対象に、参加型農村調査と個人面談を 2009 年と 2010 年に行った。これら 2 つの村のほとんどの世帯が穀物生産を主業としていた。農民は Striga をトウモロコシ、ソルガム、シコクビエ (雑穀) の主要な生産阻害要因と認識していた。農民によると、輪作によって Straiga の埋土種子を減らすためには非常に長期間を要すると考えられるため、現実には手取り除草、作付体系の変更、間作の導入などが採とられていた。圃場における Striga の侵入と穀物の被害は増加してきたが、選ばれる防除方法は限られていた。農家による防除法が限られたものしか選ばれてこなかった理由は穀物収量の増大に利益の分配の補償がないという「大きなリスク」に原因があった。Striga 防除のための様々な技術を実生活において農民主導で評価し選択することにより、相応しい選択肢が選ばれることになり、それらの導入も促進することになるであろうと考察している (Atera et al. 2012. <i>Weed Biology and Management</i>, 12: 53-62)。</p>	

これに対して、2010 年に同様な質問表を用意し、マラウイ中部の農民に聞き取り調査をした。第5章にはマラウイ中部高地において *S. asiatica* の被害についての農民の意識調査結果を示してある。Dowa 地区 Mponela 村で 118 世帯、首都 Lilongwe 地区の Mpingu 村で 129 世帯を対象に行った。上述したように、ケニアでは手取り除草や間作を防除手段にあげた農民が多かったのに対し、マラウイでは有機物や化学肥料の施用が有効であると答えた農民が多かった。両国の農民ともトウモロコシを主としたマメ科作物やキャッサバなどを含めた作付体系の重要性は認識されていたとしている (Atera et al. 2012. *Journal of Agricultural Science*, 4 (5): 41-50)。

第6章にはケニアで普及している陸稲在来種と NERICA の4品種に対する *S. hermonthica* の感受性について、2008 年と 2009 年に実施した Busia での圃場試験の結果を示してある。在来種の Dourado は感受性であり、NERICA は品種によって抵抗性程度が異なると述べている。NERICA1 と 10 は *S. hermonthica* に対して相対的に抵抗性程度が高いことが解明された (Atera et al. 2012. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14: 271-275)。

第7章では、栽培品種「日本晴」と野生イネ系統 *Oryza rufipogon* W630 の雑種後代を用いて、*S. hermonthica* の抵抗性に関する QTL 解析を行っている。2013 年の雨季に、*O. rufipogon* W630 を「日本晴」で戻し交雑した BC₂F₁₀ 世代の自殖系統 (141 系統) をケニア東部の *S. hermonthica* に汚染された Alupe 畑圃場で栽培し、*S. hermonthica* に対する抵抗性試験を行った。これらの形質データと分子マーカー座の遺伝子型のデータを基に分析を行ったところ、第9染色体上の分子マーカー RM242 近傍に、*S. hermonthica* の抵抗性に関する QTL が推定された。この遺伝子座は分離集団における形質分散の 6.6% を説明するものであり、「日本晴」の対立遺伝子が *S. hermonthica* に対して抵抗性を示していた。本研究結果は、自然条件下の抵抗性試験に基づく新たな結果であると認められる (投稿準備中)。

第8章では、これまでの①Striga の生態と防除、②SSA 2 か国の農民の考え方、③NERICA 品種の抵抗性程度、④「日本晴」と野生イネの交配後代の遺伝解析結果の4項目を総合して、Striga の防除指針を示し、今後の研究展開方向について総合的に考察している。

以上のように、本研究は SSA における穀物の根寄生強毒雑草 *S. hermonthica* と *S. asiatica* を圃場試験、室内実験および聞き取り調査により、穀物や雑草の生態および社会的条件に基づいた Striga の防除方法について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。よって、学位申請者の Evans Atuti Atera は博士 (学術) の学位を得る資格があるものと認める。